

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-318339

(43)Date of publication of application : 03.12.1993

(51)Int.Cl.

B25J 5/00

B25J 9/10

(21)Application number : 04-155915

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 22.05.1992

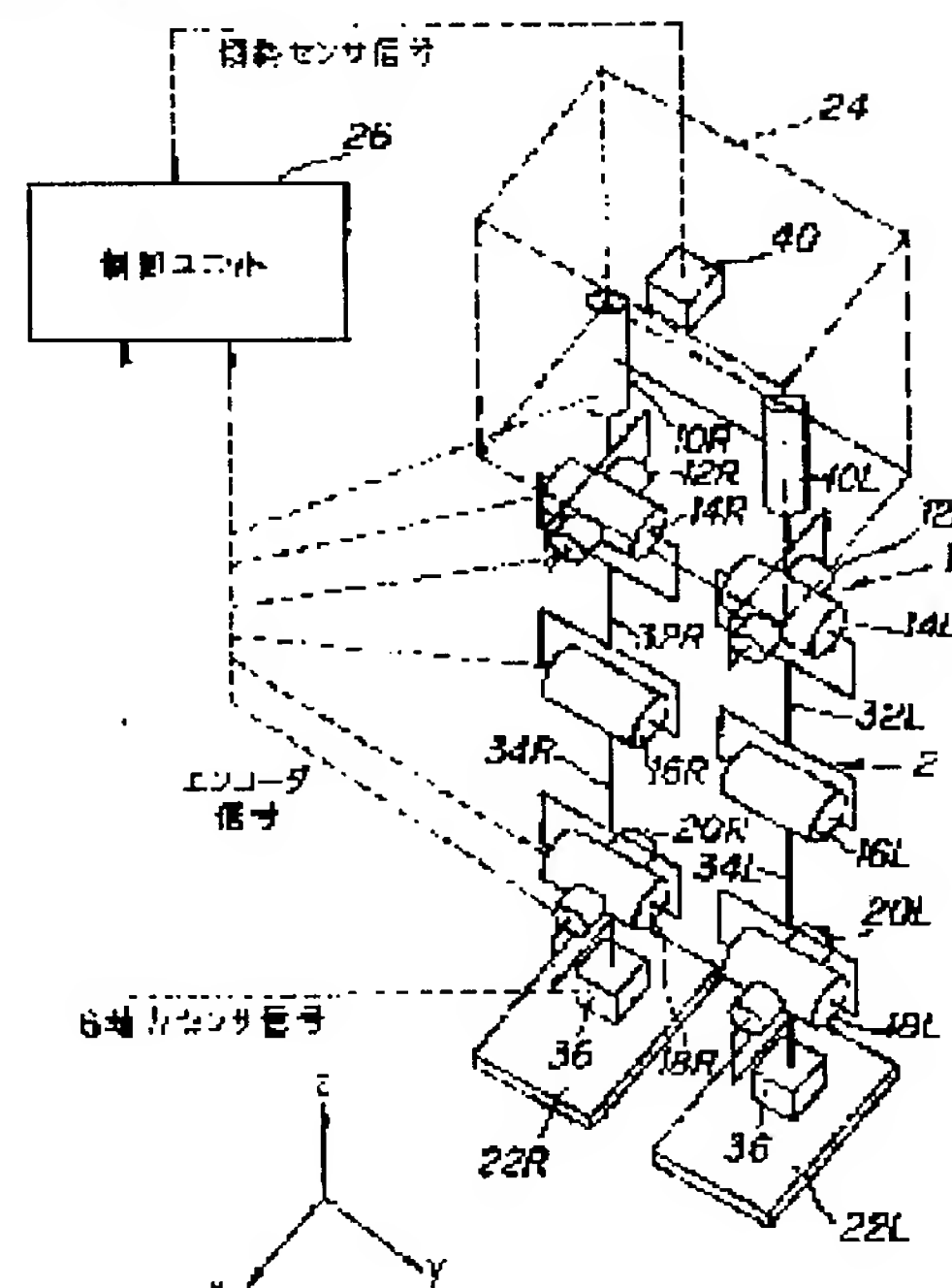
(72)Inventor : HASEGAWA TADAAKI  
TAKENAKA TORU

## (54) LOCUS FORMING METHOD AND ITS DEVICE FOR ROBOT LINKS

## (57)Abstract:

PURPOSE: To correct a locus easily at real time by moving in parallel and/or rotating a co-ordinate system from the time when the top of a leg link departs from a floor by a proper amount in an actual space, and fixing the co-ordinate system again onto a landing floor surface at the time when the top of the leg lands on the floor

CONSTITUTION: In a co-ordinate system, a locus which moves from a No.1 virtual floor surface to a No.2 virtual floor surface is set up beforehand. Next, the co-ordinate system is fixed on an departure floor surface until the time when the top of a leg link 2 departs from a floor. After the time when the top of the leg link 2 departs from the floor, the co-ordinate system is moved in parallel and/or rotated by a proper amount in an actual space. Then, at the time when the top of the leg lands on the floor, the co-ordinate system is fixed again onto the landing surface to form a locus from departure from the floor to landing on the floor.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.10.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3273443

[Date of registration]

01.02.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>識別記号 庁内整理番号 F I 技術表示箇所  
B 2 5 J 5/00 E 8611－3F  
9/10 C 8611－3F  
A

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全 11 頁)

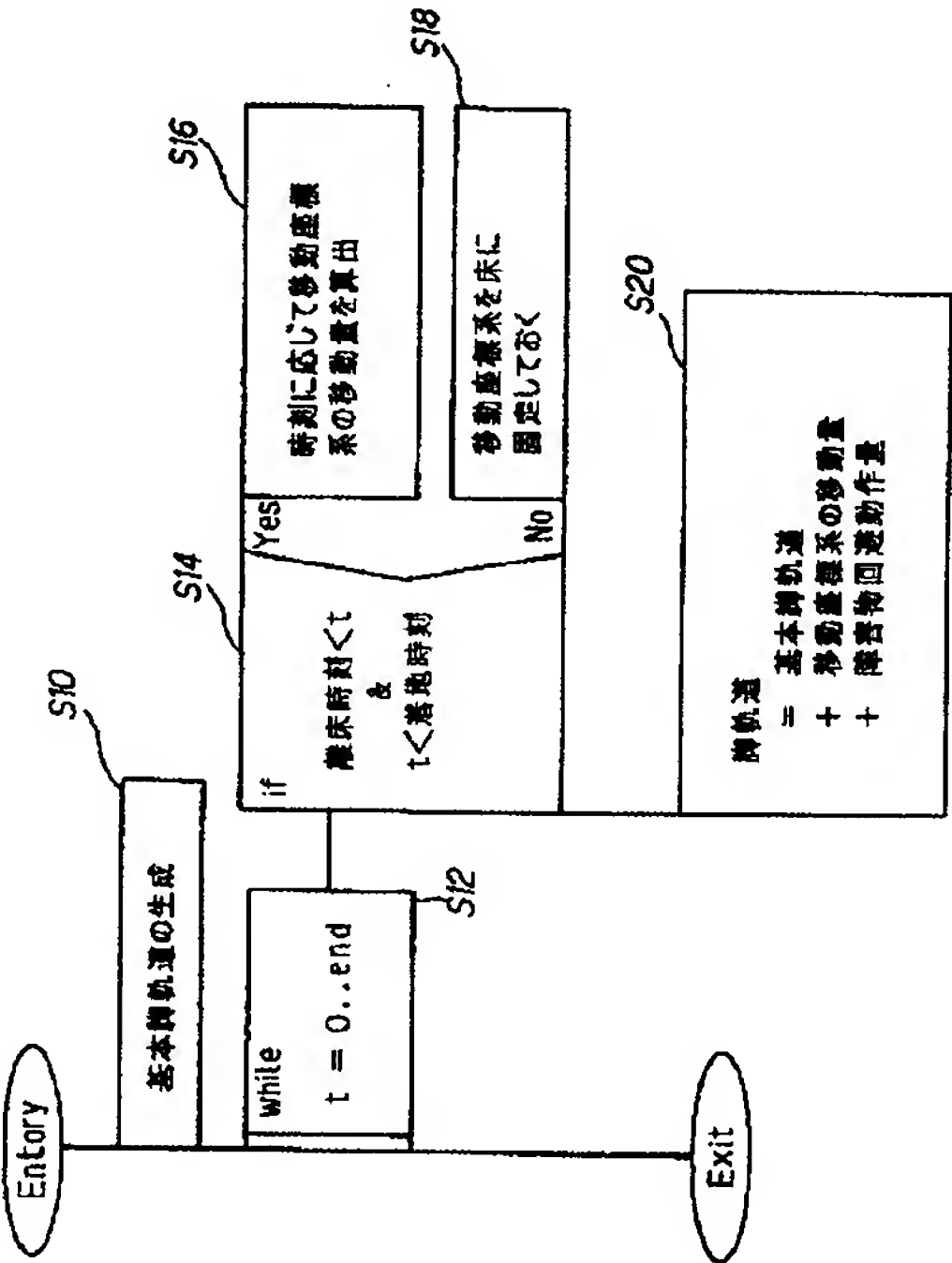
(21)出願番号	特願平4－155915	(71)出願人	000005326 本田技研工業株式会社 東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号
(22)出願日	平成 4 年(1992) 5 月22日	(72)発明者	長谷川 忠明 埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会 社本田技術研究所内
		(72)発明者	竹中 透 埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会 社本田技術研究所内
		(74)代理人	弁理士 吉田 豊 (外 1 名)

(54)【発明の名称】 ロボットのリンクなどの軌道生成方法及び装置

(57)【要約】

【構成】 ある座標系内に固定されたある仮想床面から、同一の座標系内に固定されたもう一つの仮想床面へ移動する脚軌道を設定する。足平が離床するまでは前記座標系を離床面に固定しておき、足平が離床したら前記座標系を実空間で適当な量だけ連続的に並進及び回転させ、足平が着床したら前記座標系を着床面に固定して任意の点から任意の点への脚軌道を生成する。

【効果】 演算量を大幅に低減することができ、リアルタイムの軌道修正が容易となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ロボットのリンクなどの移動する対象物であって、空間内の任意の $\alpha$ 点から任意の $\beta$ 点に移動するものの軌道を生成する方法において、

a. 第1の座標系において前記軌道が持つ運動の拘束条件を含む軌道を予め設定し、

b. 次いで第2の座標系において前記第1の座標系を前記 $\alpha$ 点から $\beta$ 点に並進及び／又は回転させつつ移動させて軌道を生成する、ことからなることを特徴とするロボットのリンクなどの軌道生成方法。

【請求項2】 前記第1の座標系の移動が障害物を回避するのに必要な移動を含むことを特徴とする請求項1項記載のロボットのリンクなどの軌道生成方法。

【請求項3】 前記第1の座標系及び／又は第2の座標系の移動をIIR形デジタルフィルタ出力を用いて求めると共に、そのデジタルフィルタの $z$ 平面における極配置を、移動が完了すべき時刻が到達する直前に消滅させる様に操作し、よって該デジタルフィルタ出力に基づいて前記第1の座標系の移動を求める様にしたことを特徴とする請求項1項または2項に記載のロボットのリンクなどの軌道生成方法。

【請求項4】 脚式移動ロボットの脚部リンクなどの移動する対象物であって、離床から着床に至る軌道を生成する方法において、

a. ある座標系内において第1の仮想床面から第2の仮想床面に移動する軌道を予め設定し、

b. 脚部リンク先端が離床する時刻までは前記座標系を離床面に固定しておき、

c. 脚部リンク先端が離床する時刻からは前記座標系を実空間内で適当な量だけ並進及び／又は回転させ、

d. 脚部先端が着床する時刻に前記座標系を再び着床面に固定する、ことからなることを特徴とするロボットのリンクなどの軌道生成方法。

【請求項5】 ロボットのリンクなどの移動する対象物であって、空間内の任意の $\alpha$ 点から任意の $\beta$ 点に移動するものの軌道を生成する装置において、

a. 第1の座標系において前記軌道が持つ運動の拘束条件を含む軌道を生成する手段、

b. 第2の座標系において前記第1の座標系を前記 $\alpha$ 点から $\beta$ 点に移動させる移動手段、及び

c. 前記第1の座標系内の軌道と第2の座標系内での移動量を重ね合わせて前記 $\alpha$ 点から前記 $\beta$ 点に至る軌道を合成する合成手段、からなることを特徴とするロボットのリンクなどの軌道生成装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明はロボットのリンクなどの軌道生成方法及び装置に関し、より具体的には脚式移動ロボットの脚軌道など、床と脚部リンクの接触条件などの運動の拘束条件の変化する軌道を容易に生成する方

法及び装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】移動する物体で軌道を生成して制御するものは宇宙ロケットを始めとして種々存在するが、そのうちロボットに限っても固定型、移動型を含めて従来より様々なものが提案されており、更に移動型の脚式移動ロボットについても特開昭62-97005号、特開昭63-150176号公報記載のものなどが提案されている。

## 10 【0003】

【発明が解決しようとする課題】理解を容易にするために2足歩行の脚式移動ロボットを例にとって説明する

と、2足歩行ロボットでは2本の脚で自重を支持しつつ交互に床面を蹴って移動することから、離床のときと着床のときに拘束条件が変化する。即ち、図12に示す様に、離床のときは爪先を中心に回転する様に脚軌道が拘束され、着地のときはカートを中心に回転する様に脚軌道が拘束される。脚軌道を決定するには、例えば足関節などの角度と位置とを決定しなければならない。図12は足関節の位置(変位)を示すが、滑らかな軌道を生成するには、変位、変位速度、変位加速度、角度、角速度、角加速度とを決定しなければならない。従来は、その様な場合には6次の多項式を用いて空中での軌道を生成していた。そのため、前記した様な着地時と離床時の様に拘束条件が変化するときは、その間の軌道を滑らかにつなげるため境界条件(境界値問題)を解かねばならなかった。直進であって床面が水平である場合でも演算量はかなりのものであるが、これが床面が傾いていたりすると演算量が急激に増加し、更に旋回するなどに至っては演算量が飛躍的に増加する。従って、従来技術においてはオフラインの大型コンピュータを用いて事前に演算し、これを予め設定する様にしていた。そのため、設定値で予期しない凹凸、傾斜、障害物に遭遇したとき、リアルタイムに軌道を修正することができなかった。

【0004】従って、この発明の目的は上記した欠点を解消し、拘束条件が変化するときも境界条件を満足する軌道を容易に生成することができるようにしたロボットのリンクなどの軌道を生成する方法及び装置を提案することにある。

40 【0005】更には、リアルタイムな軌道修正なども容易にできる様にしたロボットのリンクなどの軌道を生成する方法及び装置を提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記した課題を解決するためにこの発明は例えば請求項1項に示す如く、ロボットのリンクなどの移動する対象物であって、空間内の任意の $\alpha$ 点から $\beta$ 点に移動するものの軌道を生成する方法において、第1の座標系において前記軌道が持つ運動の拘束条件を含む軌道を予め設定し、次いで第2の座標系において前記第1の座標系を前記 $\alpha$ 点から $\beta$ 点に並進及



び／又は回転させつつ移動させて軌道を生成する様に構成した。

#### 【0007】

【作用】第1の座標系の中で軌道を予め設定しておき、その第1の座標系を第2の座標系の中で移動させる様にしたことから、第1の座標系においては単純で代表的な軌道を設定しておけば良く、その拘束条件も極めて簡単なもので足りる。より具体的には、その第1の座標系を第2の座標系の中で最初静止させておき、次いで連続的に移動させて最終的に静止させるだけで良い。即ち、移動量や回転量も必要に応じて連続的に変化させるだけで良いことから、極端に少ない演算量で足りて構成を極めて簡易なものとする事ができる。また、リアルタイムの軌道修正も容易に行うことができると共に、軌道上の障害物を回避する軌道もより直接的に求めることができる。

#### 【0008】

【実施例】以下、脚式移動ロボットとして2足歩行のロボットを例にとってこの発明の実施例を説明する。図1はそのロボット1を全体的に示す説明スケルトン図であり、左右それぞれの脚部リンク2に6個の関節を備える（理解の便宜のために各関節をそれを駆動する電動モータで示す）。該6個の関節は上から順に、腰の脚部回旋用の関節10R、10L（右側をR、左側をLとする。以下同じ）、腰のロール方向（x軸まわり）の関節12R、12L、同ピッチ方向（y軸まわり）の関節14R、14L、膝部のピッチ方向の関節16R、16L、足首部のピッチ方向の関節18R、18L、同ロール方向の関節20R、20Lとなっており、その下部には足平22R、22Lが装着されると共に、最上位には筐体（基体）24が設けられ、その内部には制御ユニット26が格納される。

【0009】上記において腰関節は関節10R（L）、12R（L）、14R（L）から構成され、また足関節は、関節18R（L）、20R（L）から構成される。また、腰関節と膝関節との間は大腿リンク32R、32Lで、膝関節と足関節との間は大腿リンク34R、34Lで連結される。ここで、脚部リンク2は左右の足についてそれぞれ6つの自由度を与えられ、歩行中にこれらの $6 \times 2 = 12$ 個の関節（軸）をそれぞれ適宜な角度に駆動することで、足全体に所望の動きを与えることができ、任意に3次元空間を歩行することができる様に構成される。先に述べた様に、上記した関節は電動モータからなり、更にはその出力を倍力する減速機などを備えるが、その詳細は先に本出願人が提案した出願（特願平1-324218号、特開平3-184782号）などに述べられており、それ自体はこの発明の要旨とするところではないので、これ以上の説明は省略する。

【0010】図1に示すロボット1において、足首部には公知の6軸力センサ36が設けられ、足平を介してロ

ボットに伝達されるx、y、z方向の力成分 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ とその方向まわりのモーメント成分 $M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_z$ とを測定し、足部の着地の有無と支持脚に加わる力の大きさと方向とを検出する。また足平22R

（L）の四隅には静電容量型の接地スイッチ38（図1で図示省略）が設けられて、足平の接地の有無を検出する。更に、筐体24には傾斜センサ40が設置され、x-z平面内のz軸に対する傾きとその角速度、同様にy-z平面内のz軸に対する傾きとその角速度を検出する。また各関節の電動モータには、その回転量を検出するロータリエンコーダが設けられる。更に、図1では省略するが、ロボット1の適宜な位置には傾斜センサ40の出力を補正するための原点スイッチ42と、フェール対策用のリミットスイッチ44が設けられる。これらの出力は前記した筐体24内の制御ユニット26に送られる。

【0011】図2は制御ユニット26の詳細を示すブロック図であり、マイクロ・コンピュータから構成される。そこにおいて傾斜センサ40などの出力はA/D変換器50でデジタル値に変換され、その出力はバス52を介してRAM54に送られる。また各電動モータに隣接して配置されるエンコーダの出力はカウンタ56を介してRAM54内に入力されると共に、接地スイッチ38などの出力は波形整形回路58を経て同様にRAM54内に格納される。制御ユニット内にはCPUからなる第1、第2の演算装置60、62が設けられており、第1の演算装置60はROM64に格納されているZMP軌道、基本脚軌道（後述）などを読み出して続いて述べる様に脚軌道などをリアルタイムに生成し、それから目標関節角度（関節駆動パターン）を算出してRAM54に送出する。また第2の演算装置62はRAM54からその目標値と検出された実測値とを読み出し、各関節の駆動に必要な制御値を算出してD/A変換器66とサーボアンプを介して各関節を駆動する電動モータに出力する。

【0012】続いて、この制御装置の動作を説明する。図3はその動作を示す構造化フロー・チャート（PAD図）である。尚、この発明は脚軌道の生成にあることから、以下の説明でもその点に焦点をおいて行う。

【0013】同図を参照して具体的に説明する前に、この制御を簡単に説明すると、先ず図4に示す様に基本脚軌道を予め生成しておく。

【0014】即ち、

i) ある座標系内に固定された仮想床面Pを離床するまでの脚軌道を生成する。

ii) もう一つの仮想床面Qに着床してからの脚軌道を生成する。

iii) 上記のi) ii)をつなぎ、足首軌道が連続で滑らかに、具体的には加速度まで連続になる様な代表的な脚軌道を生成する。

【0015】具体的には、境界値問題を最も単純な手法で回避するために、上記した基本脚軌道は図5に示す様に予め生成しておく。即ち、

i) 離床点（接地点、足平22R(L)の先端）を拘束し、それを中心に水平角から最大足平角まで回転して止まる脚軌道を生成する。

ii) 足関節18R(L)を拘束し、それを中心に最大足平角から最小足平角まで回転して止まる脚軌道を生成する。

iii) 着地点（足平22R(L)の後端）を拘束し、それを中心に最小足平角から水平角まで回転して止まる脚軌道を生成する。

【0016】次いで、図6に示す様に、実空間内の離床する前の足平接地面に仮想床面Pが一致する様に、前記座標系の位置と方向を与える。そして、前記座標系を固定したまま足平の蹴り動作を行う。

【0017】次いで、離床時刻から着床時刻までに、実空間での着床すべき接地面に仮想床面Qが一致する様に、前記座標系の位置と方向を徐々に変化させる。また避けるべき障害物がある場合には、並進移動量に回避量を重ね合わせることによって障害物を回避する。尚、離床時刻は、基本脚軌道における足平の蹴り動作の途中に設定されていても良い。蹴り動作の途中であっても、前記座標系を上方向に移動させれば離床するので、それによって一層滑らかな歩容を得ることができる。

【0018】次いで、足平が着床したら、前記座標系を実空間に固定し、足平のならしい動作を行う。即ち、着地時の衝撃を緩和するために足平22R(L)を床面に良く俵わせて着地させる。

【0019】上記を図3フロー・チャートを参照して説明すると、先ずS10において前記した様に基本脚軌道\*

$$\begin{aligned} x1k &= r * x1k-1 + (1-r) * u_k \\ x2k &= r * x2k-1 + (1-r) * x1k \\ y_k &= r * y_k + (1-r) * x2k \end{aligned}$$

【0024】極rは初期値が1より小さい値であり、図9に示す様に指定到達時刻te（着床時刻）に近づくにつれて減少し、指定到達時刻teに消滅する様に数2に※

$$\left\{ \begin{aligned} r &= \frac{n' - \frac{n'}{n} k}{n' - \frac{n'}{n} k + 1} & (1 \leq k \leq n) \\ r &= 0 & (k > n) \end{aligned} \right.$$

【0026】数2の式の中のnは、初期時刻t0から指定到達時刻teまでのステップ数（即ち、（指定到達時刻te-初期時刻t0）／刻み時間）を表す。またnダッシュは、非負の定数である。

【0027】上記を図10PAD図を参照して説明する

\*を生成し、S12に進んで時刻tを0からendに設定する。図7にそのタイミング・チャートを示す。続いてS14に進んで時刻tが離床時刻を超えて着床時刻前、即ち、足平22R(L)が床面を離れた状態にあるか否か判断し、肯定されるときはS16に進んで時刻に応じて移動座標系の移動量を図7に示す特性に基づいて算出する。このとき、例えばロボット1を旋回させる必要があるときは、移動座標系そのものを旋回させることで実現する。尚、否定されるときはS18に進んで移動座標系を固定しておく。続いて、S20に進んで脚軌道を図示の様に算出する。尚、S10において時刻tがendを超えたときはプログラムを終了する。

【0020】上記で、S16に示す移動座標系の移動量の算出は、図7に示す様な特性を予めないしはリアルタイムに設定して行うが、この設定は多項式などを用いても良く、また変位（移動量）のみを連続させても良く、更に速度ないしは一層滑らかな軌道を実現する意味で加速度をも連続させても良い。ここでは本発明者の一人が案出した有限時間整定関数発生器を用いて決定する例を次に示す。

【0021】図8のその有限時間整定関数発生器を、特にその入出力特性を中心に示す説明図である。関数発生器は、公知のIIR形のデジタルフィルタ100よりなる。そこにおいて図示の如くフィルタ100には、初期時刻t0（離床時刻）においてステップ状に最終目標値（座標系の移動量の）に変化する入力を与える。

【0022】ここで図8に示す構成を差分方程式で表現すると、数1の様になる。尚、z平面上の極をrで示す。

【0023】

【数1】

※示す式の様に設定する。

【0025】

【数2】

と、S100においてx0などに適宜な初期値を設定し、S102に進んで数2の式のkを1からnまで1ずつ増加させながらS104以降を繰り返す。即ち、先ずS104に進んで前記した刻み時間ごとに発生するタイマ割り込みを待機し、タイマ割り込みがあったときはS



106に進んで数2の式から $r$ を求める。次いでS108に進んで数1の式の $x_k$ に最終目標値を代入し、S110に進んで図示の式から出力 $y_k$ を求める。この様な処理をS104でタイマ割り込みがなされる度に繰り返す。この様に、 $1/(1-r)$ の値が図8下部で示す如く指定到達時刻 $t_e$ に向けて徐々に減少する様に極 $r$ の値を1付近から0に向けて変化させることから、換言すればIIR形から出発してFIR形のデジタルフィルタに変形させることから、指定到達時刻 $t_e$ （ $n$ ステップ目）において目標値（最終到達値）に整定する滑らかな出力を得ることができる。図11にその出力をアナログ波形で示すが、図示の如く移動量が指定到達時刻に整定すると共に、その1次微分値（変位速度）と2次微分値（変位加速度）までもその時刻に零に整定する滑らかな出力を容易に得ることができる。この利点は、従来の通常のフィルタを3段接続したものからは得ることができないものである。

【0028】この実施例においては、この様な座標系を並進・回転変換する手法を用いて軌道を生成する様にしたので、任意の離床点から任意の着地点への滑らかで連続な脚（足先）軌道が、境界条件や拘束条件などの複雑な制約にも関わらず、極端に少ない演算量で生成できる。即ち、図4、図6に示す様に、ある座標系で代表的な脚軌道を基本脚軌道として生成しておき、その座標系を拘束条件が存在しない遊脚時に移動する様にしたので、拘束条件を非常に簡易なものに設定することができる。即ち、変位（位置）、変位速度、変位加速度、角度、角速度、角加速度まで連続にしようとしたときの境界条件を簡易なものにすることができる。特に移動量や回転量については高次の微分量が全て0で良いので、実現が容易である。また、床面との干渉を避けるためには、その方向に単純に移動量を足し込めば良い。更にまた、上記構成においては座標移動量を $x$ 、 $y$ 、 $z$ 方向のそれぞれについて別々に求め、その後で合成すれば良い。従って演算量は一層低減する。その結果、予期しない凹凸や傾斜などに遭遇したときもリアルタイムに軌道を修正することができ、また軌道上の障害物を回避する軌道をより直接的に求めることができる。尚、上記は座標移動量を多項式を用いて求める場合でも同じであって、そのときでも多項式の演算量が激減するので、リアルタイムに軌道修正を容易に行うことができる。

【0029】また実施例においては平坦路を直進ないしは旋回する例を示したが、階段を昇降するときもこの手法を用いれば容易に軌道を生成することができる。

【0030】また上記において足関節に制御を行う例を示したが、それに限られるものではなく、膝関節ないしはその上方の関節についても同様である。

【0031】また上記において、ZMP軌道など歩行データの一部を予め設定しておく場合に適用する例を示したが、それに限られるものではなく、歩行のとき制御値

を全くリアルタイムに求める様にした技術に適用させても良い。

【0032】また上記において、2足歩行の脚式移動ロボットを例にとって説明してきたが、それに限られるものではなく、3足以上の脚式移動ロボットにも、また車輪型、クローラ型などの他の形態の移動ロボットにも、更には据え付け型のロボットにも、更にはロボットに限らず、移動する物体であって軌道を生成するものには全て妥当するものである。

10 【0033】

【発明の効果】請求項1項にあっては、ロボットのリンクなどの移動する対象物であって、空間内の任意の $\alpha$ 点から任意の $\beta$ 点に移動するものの軌道を生成する方法において、第1の座標系において前記軌道が持つ運動の拘束条件を含む軌道を予め生成し、次いで第2の座標系において前記第1の座標系を前記 $\alpha$ 点から $\beta$ 点に並進及び／又は回転させつつ移動させて軌道を生成する様に構成したことから、複雑な制約条件があっても、演算量を大幅に減少させることができ、リアルタイムの軌道修正を容易に行うことができる。

20 【0034】請求項2項の方法にあっては、前記第1の座標系の移動が障害物を回避するのに必要な移動を含む様に構成したので、軌道上の障害物を回避する軌道をより直接的に求めることができる。

30 【0035】請求項3項の方法にあっては、前記第1の座標系及び／又は第2の座標系の移動をIIR形のデジタルフィルタ出力を用いて求めると共に、そのデジタルフィルタの $z$ 平面における極配置を、移動が完了すべき時刻が到達する直前に消滅させる様に操作し、よって該デジタルフィルタの出力に基づいて前記第1の座標系の移動を求める様に構成したので、座標系の移動量をその速度、加速度の連続性を満足しながら容易に求めることができ、結果的に演算量を尚一層低減することができる。

40 【0036】請求項4項の方法にあっては、脚式移動ロボットの脚部リンクなどの移動する対象物であって、離床から着床に至る軌道を生成する方法において、ある座標系内において第1の仮想床面から第2の仮想床面に移動する軌道を予め設定し、脚部リンク先端が離床する時刻までは前記座標系を離床面に固定しておき、脚部リンク先端が離床する時刻からは前記座標系を実空間内で適当な量だけ並進及び／又は回転させ、脚部先端が着床する時刻に前記座標系を再び着床面に固定する様に構成したので、任意の離床点から任意の着地点への滑らかで連続的な脚軌道が、複雑な制約条件にも関わらず、極めて少ない演算量で生成でき、予期せぬ凹凸、傾斜、障害物に遭遇したときも、軌道をリアルタイムに容易に修正することができる。

50 【0037】請求項5項にあっては、ロボットのリンクなどの移動する対象物であって、空間内の任意の $\alpha$ 点か

ら任意の $\beta$ 点に移動するものの軌道を生成する装置において、第1の座標系において前記軌道が持つ運動の拘束条件を含む軌道を生成する手段、第2の座標系において前記第1の座標系を前記 $\alpha$ 点から $\beta$ 点に移動させる移動手段、及び、前記第1の座標系内の軌道と前記第2の座標系内での移動量を重ね合わせて前記 $\alpha$ 点から前記 $\beta$ 点に至る軌道を合成する合成手段からなる様に構成したので、複雑な制約条件を含むときも大幅に少ない演算量で軌道を生成することができ、リアルタイムの軌道修正を容易に行うことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係るロボットのリンクなどの軌道生成方法及び装置の例としての2足歩行の脚式移動ロボットの歩行制御装置を全体的に示す概略図である。

【図2】図1に示す制御ユニットの説明ブロック図である。

【図3】図2に示す制御ユニットの動作を示す構造化フロー・チャートである。

【図4】図3フロー・チャートの基本脚軌道の生成を全体的に示す説明図である。

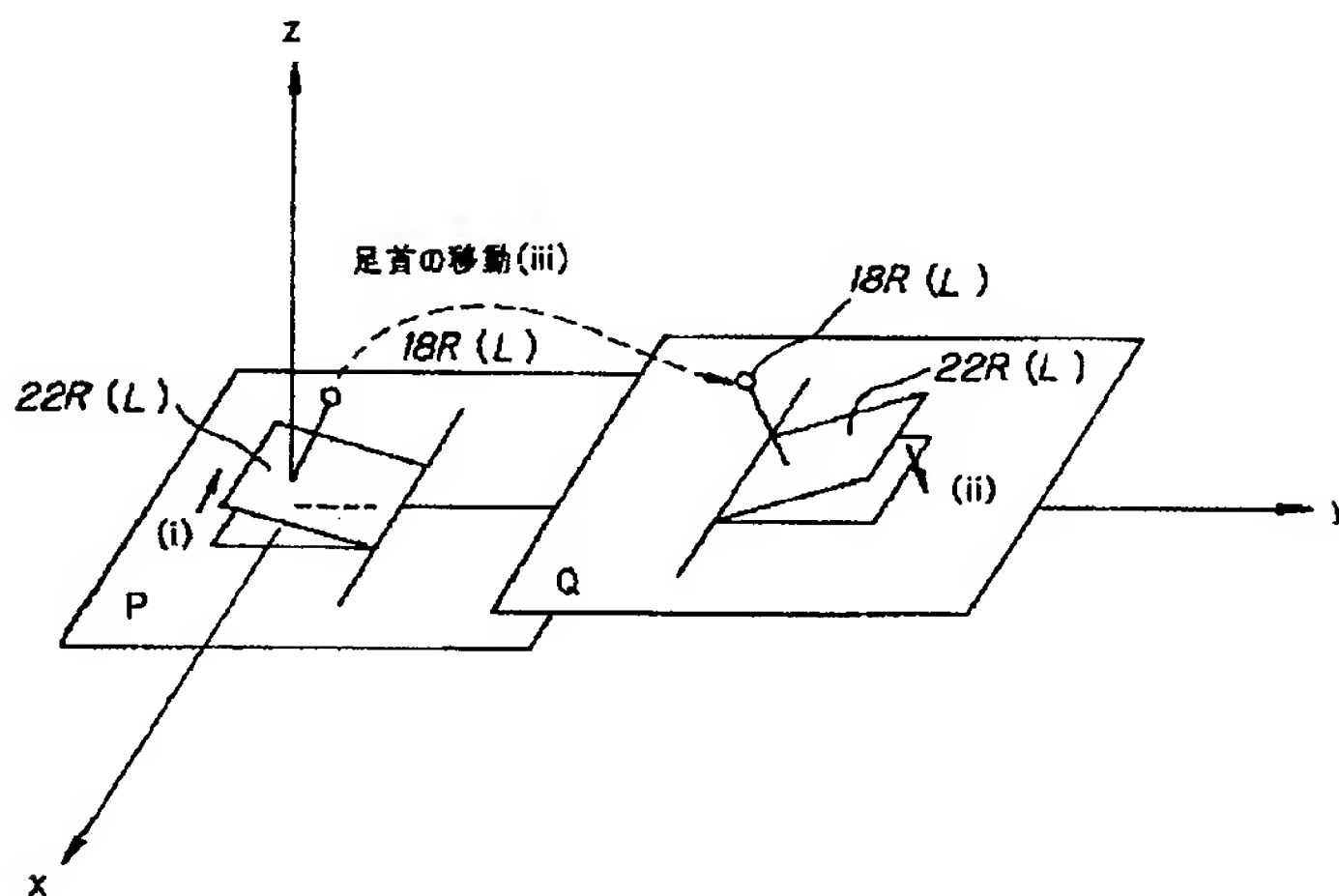
【図5】図4の基本脚軌道の生成を単純化した形で示す説明図である。

【図6】図3フロー・チャートの脚軌道の生成を示す説明図である。

【図7】図3フロー・チャートの時間に対する移動座標系の移動量の特性を示す説明タイミング・チャートである。

\*

【図4】



\*【図8】移動座標系の移動量を決定する有限時間整定関数発生器の構成を示す説明図である。

【図9】図8に示す関数発生器の特性を変更する手法をz平面における極配置を通じて説明する説明図である。

【図10】図8に示す関数発生器の特性を変更をより具体的に説明するフロー・チャートである。

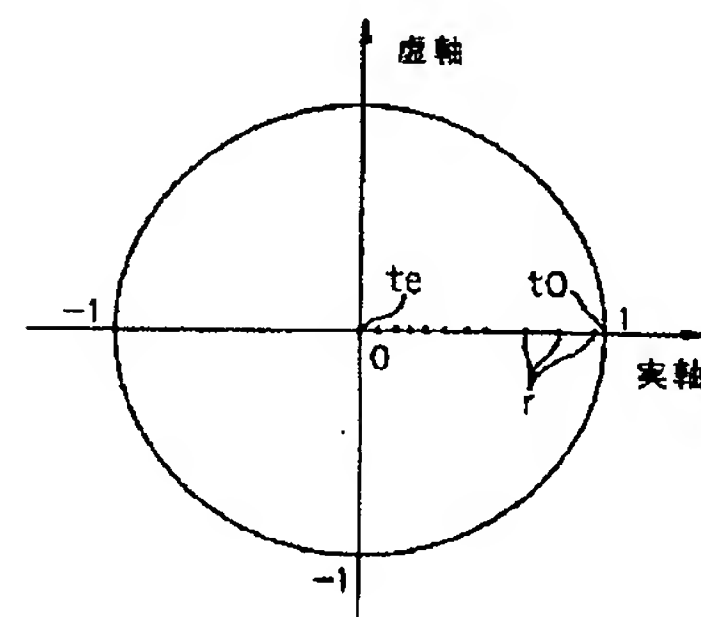
【図11】図8に示す関数発生器の出力をアナログ的に示す波形図である。

【図12】離床時と着床時における足関節の境界条件を一般的に示す説明図である。

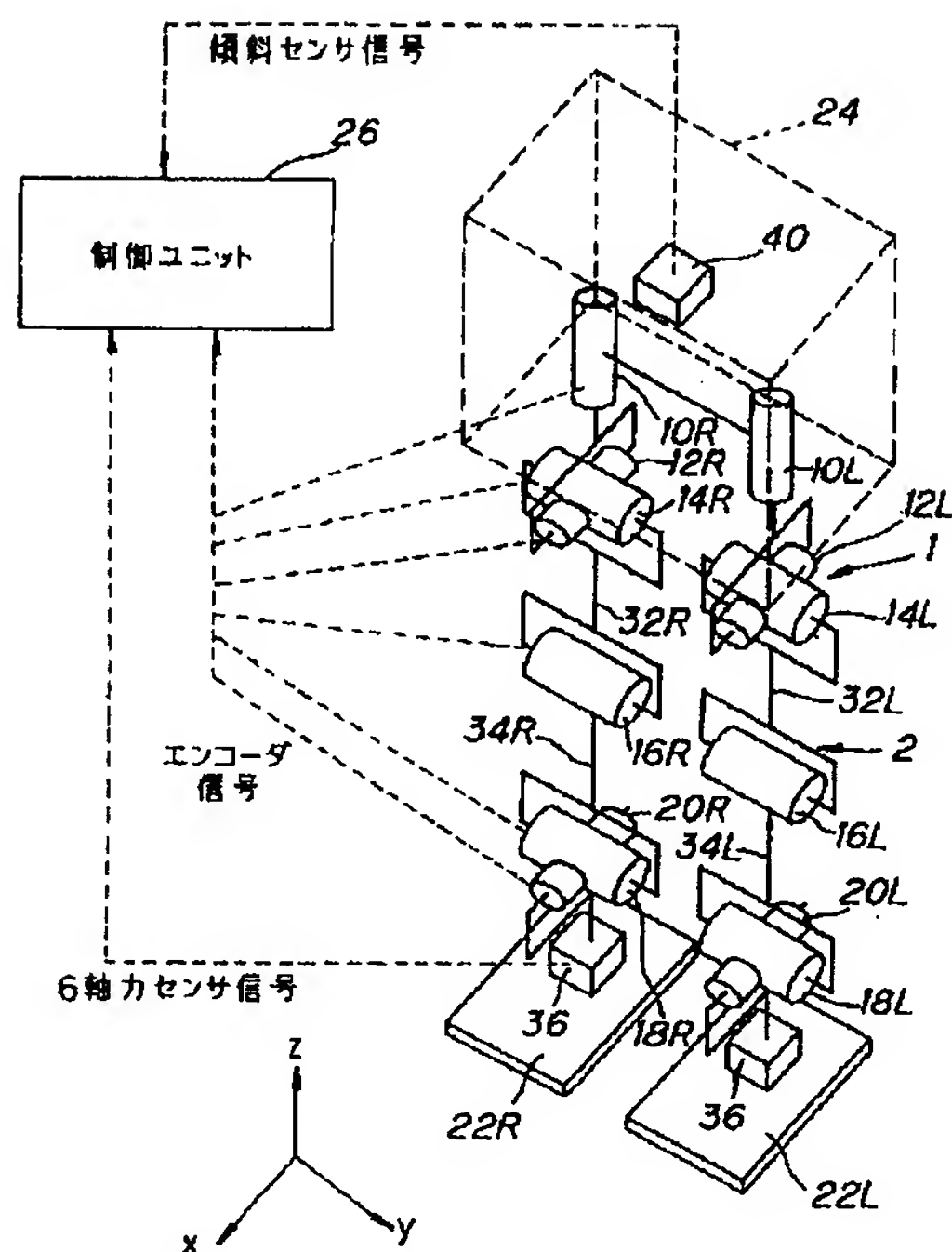
#### 【符号の説明】

1	脚式移動ロボット（2足歩行ロボット）
2	脚部リンク
10R, 10L	脚部回旋用の関節
12R, 12L	腰部のピッチ方向の関節
14R, 14L	腰部のロール方向の関節
16R, 16L	膝部のピッチ方向の関節
18R, 18L	足首部のピッチ方向の関節
20R, 20L	足首部のロール方向の関節
22R, 22L	足平
24	筐体
26	制御ユニット
36	6軸力センサ
100	有限時間整定関数発生器（IIR形デジタルフィルタ）

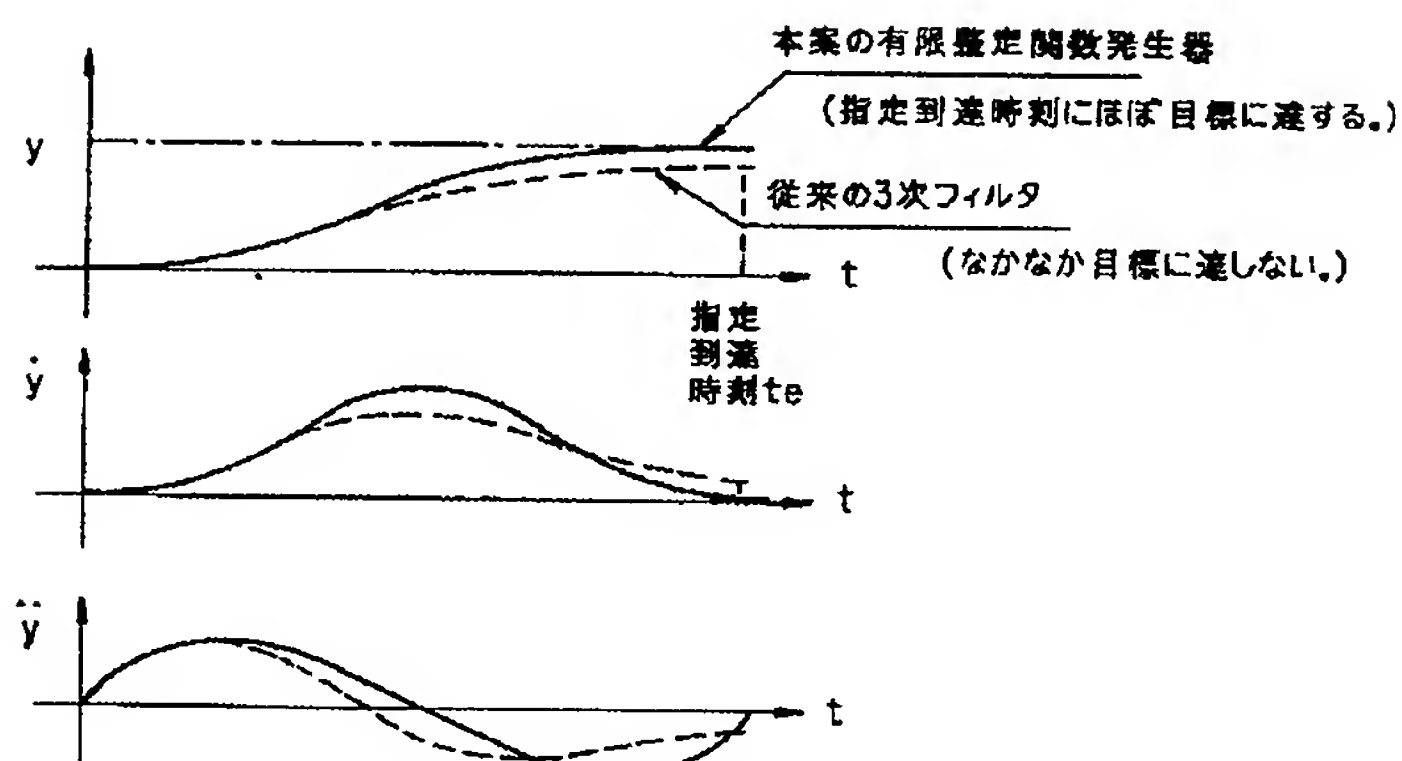
【図9】



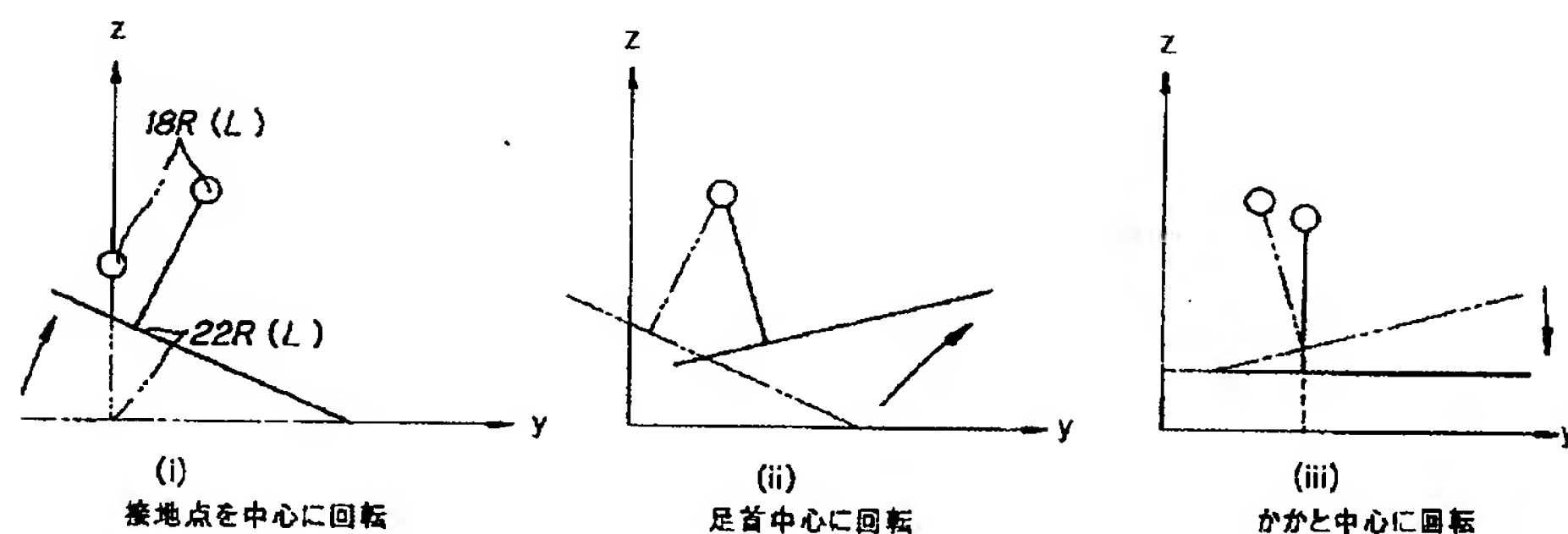
【図1】



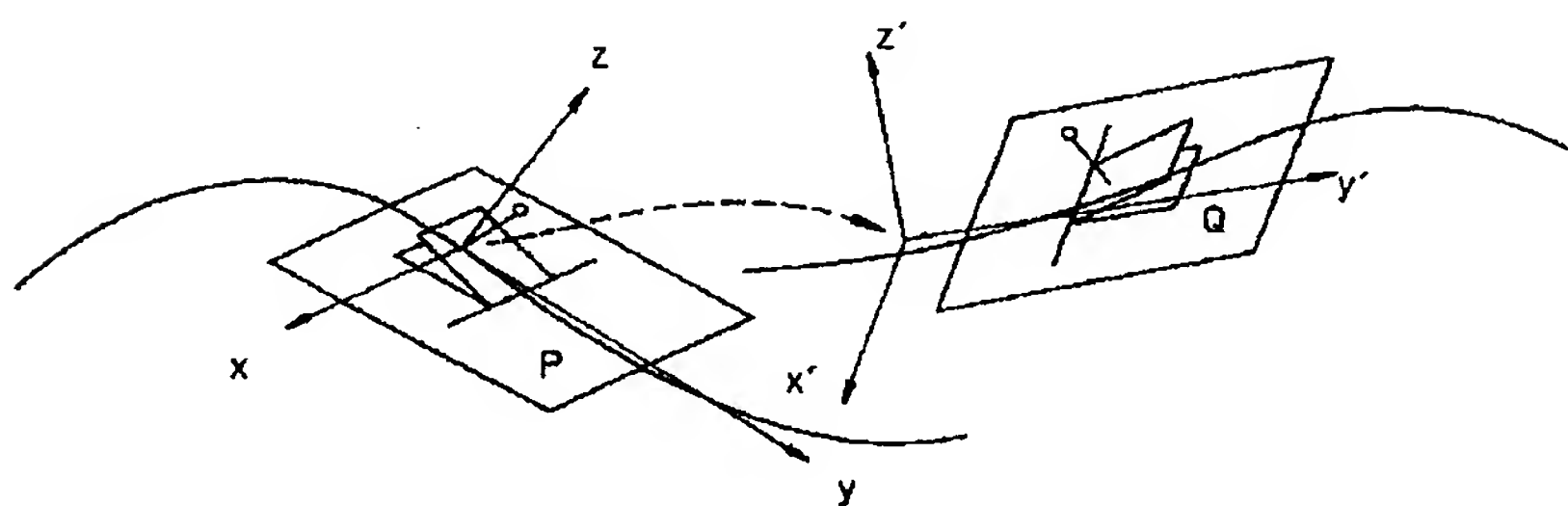
【図11】



【図5】

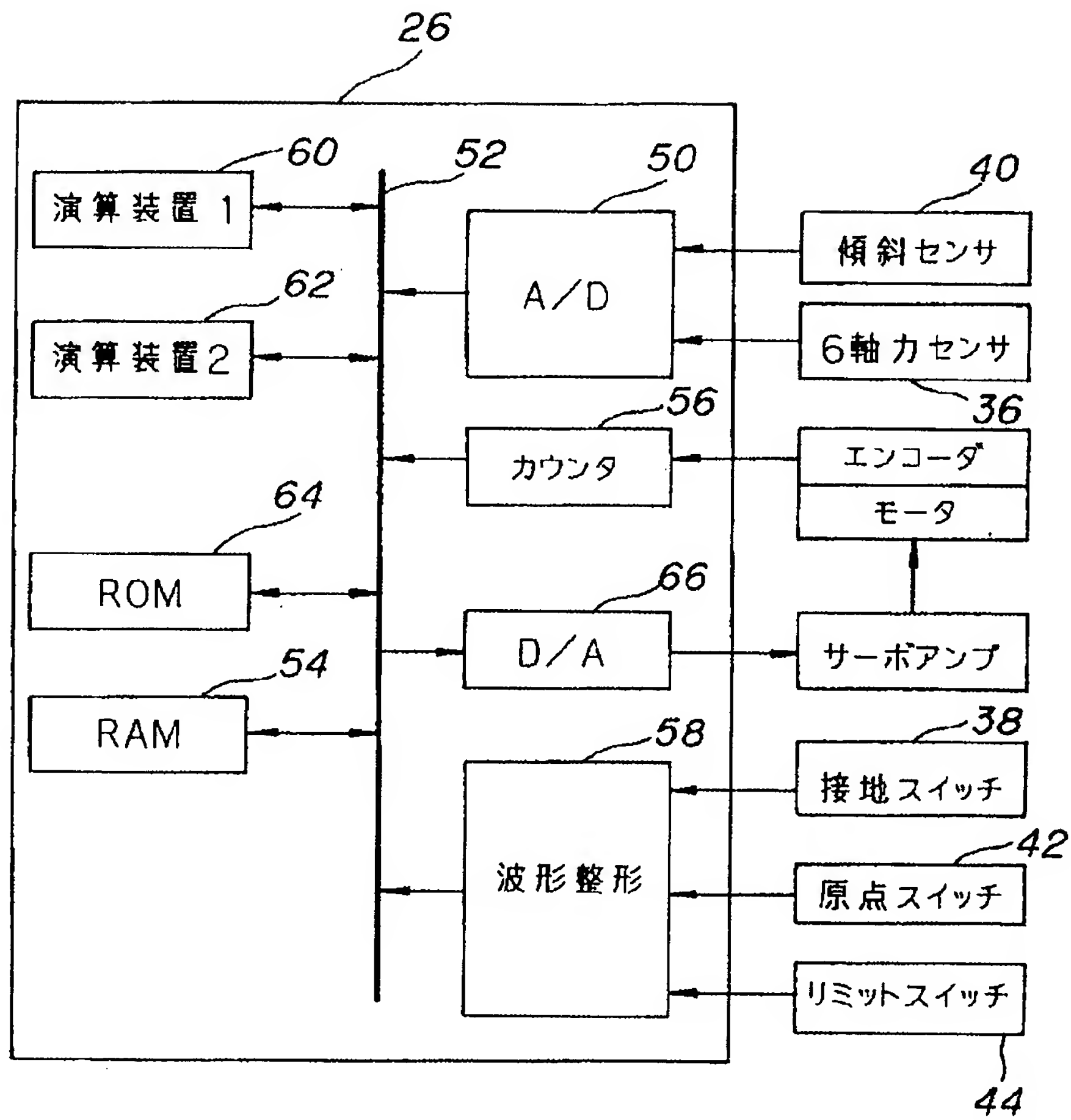


【図6】

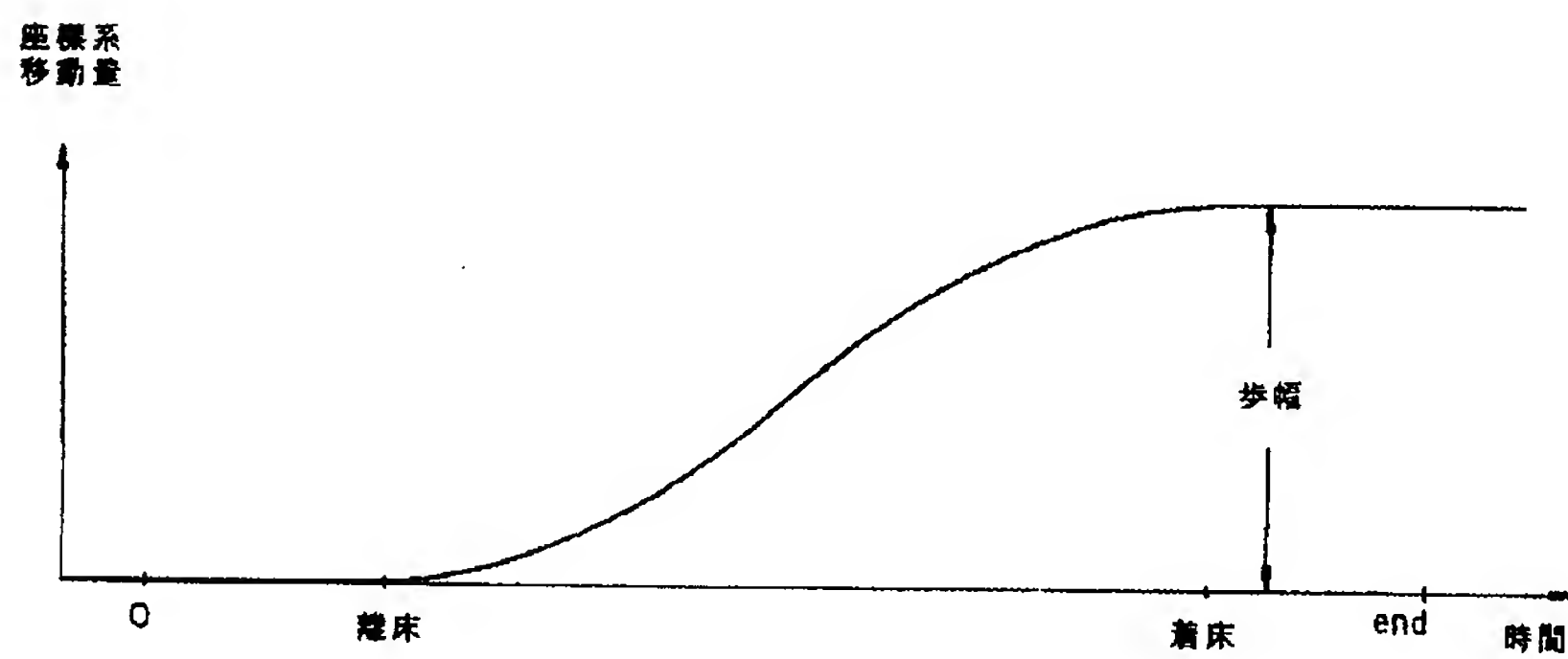




【図2】



【図7】



【図3】

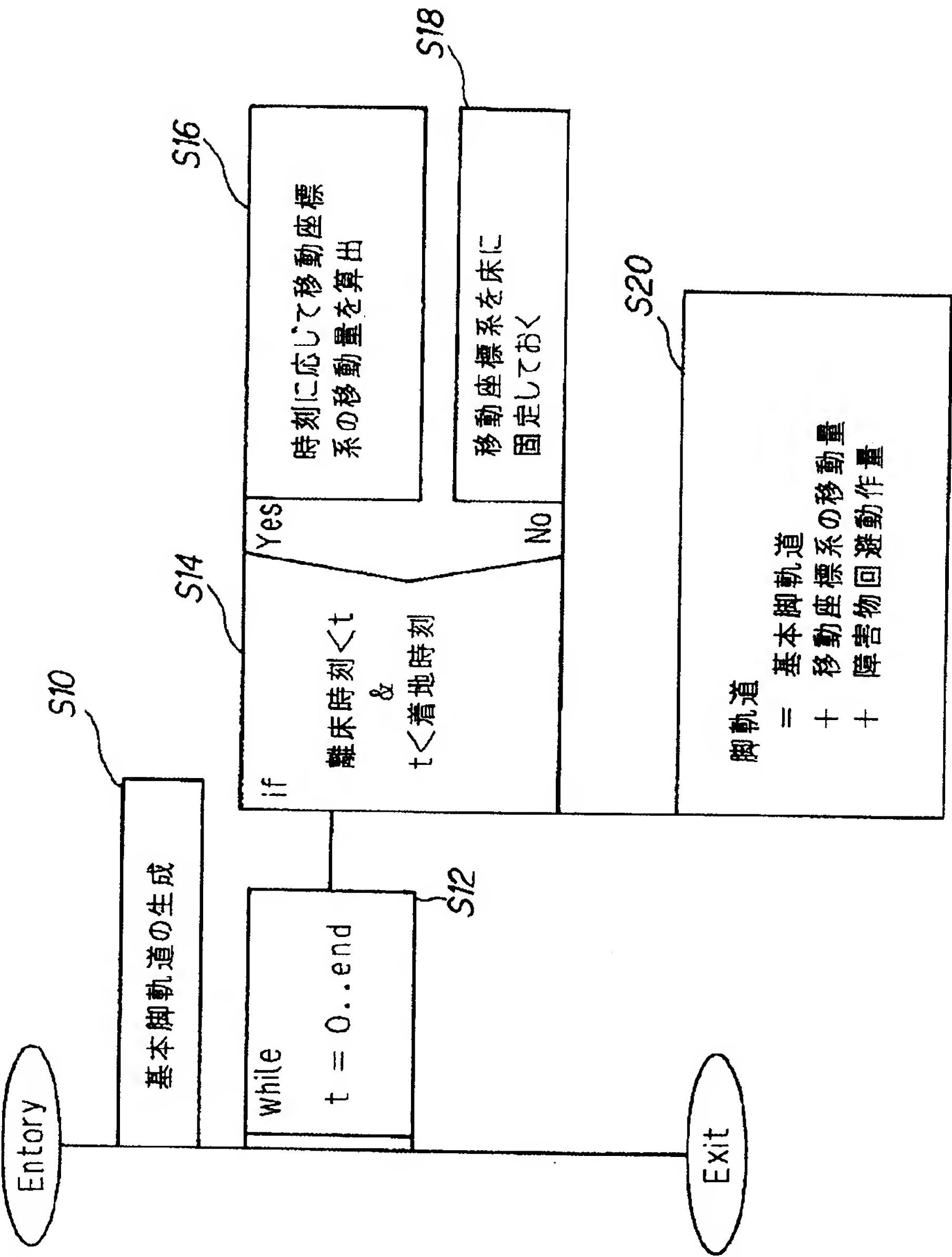


Diagram illustrating a particle moving along a curved path defined by  $(x, y, z) = f(t)$ .

The path starts at point  $(x_1, y_1, z_1)$  at time  $t = t_1$ , and ends at point  $(x_2, y_2, z_2)$  at time  $t = t_2$ .

The velocity vectors at these points are  $(\dot{x}_1, \dot{y}_1, \dot{z}_1)$  and  $(\dot{x}_2, \dot{y}_2, \dot{z}_2)$  respectively.

Below the diagram, a box contains the equations:

$$(x_1, y_1, z_1) = f(t_1)$$

$$(\dot{x}_2, \dot{y}_2, \dot{z}_2) = \dot{f}(t_2)$$



【図10】

